Курсовий проект на тему:

«Розрахунок та технічні характеристики електромагнітного реле»

**Зміст**

Введення

1. Технічне завдання

2. Технічні характеристики пристрою

3. Розрахунок електромагнітного реле

4. Розрахунок і побудова криві намагнічування магнітної системи

5. Визначення мінімального числа амперів-витків спрацьовування

6. Розрахунок і побудова тягової характеристики

7. Розрахунок обмотувальних параметрів реле

Висновок

Список літератури

**Введення**

Електромеханічні елементи (поряд з електромагнітними) є найбільш старими електричними елементами автоматики. Проте, видозмінюючись і вдосконалюючись, вони успішно конкурують із відносно новими магнітними елементами.

Електромагніт - найбільш простий перетворювач електричного сигналу в механічне зусилля й переміщення. Вхідний електричний сигнал подається на обмотку електромагніта, що притягає рухливу частину, називану якорем.

По роду струму в обмотці розрізняють електромагніти постійний і змінний токи. Електромагніти постійного струму підрозділяють на нейтральні й поляризовані. Нейтральні притягають якір при будь-якій полярності струму в обмотці. У поляризованих електромагнітах напрямок зусилля, що діє на якір, змінюється при зміні полярності струму в обмотці.

Часто електромагніти є приводними (тяговими) і служать для переміщення таких виконавчих пристроїв, як клапани, заслінки й т.п. Однак найбільше поширення одержали електромагніти, постачені контактною системою - електромагнітні реле.

Електромагнітні реле є одним з розповсюджених елементів багатьох систем автоматики, і випускається понад 200 типів тільки реле постійного струму.

Реле призначено для виконання логічних операцій і безпосереднього керування силовими навантаженнями невеликої потужності, установлюються в низьковольтних комплектних пристроях керування промисловими об'єктами, а також у пристроях торговельної, медичної й подібної техніки. По величині споживаної при спрацьовуванні потужності реле можна підрозділити на високочутливі (до 10 мВт) і слабкострумові нормальної чутливості (до 1-5 Вт).

Реле можна розділити по тимчасових параметрах на нормальні, швидкодіючі й уповільнені, так звані реле часу.

До електромагнітного реле висувають різноманітні вимоги, які не завжди вдається задовольнити в одній конструкції. Насамперед задаються вимоги чутливості й потужності. Часто реле повинні мати малі габарити, велика кількість перемикаємих ланцюгів (контактів), мати більший строк служби й достатньою надійністю роботи в умовах вібрації, при різких коливаннях температури й вологості, малим часом спрацьовування й відпускання, а іноді й значною витримкою часу при спрацьовуванні або відпусканні.

Як засоби автоматизації у всіх галузях промисловості широке застосування знаходять електромагнітні елементи автоматики, значну частку яких становлять різні електромагнітні механізми. У зв'язку із цим знання теорії, практики розрахунку й основ оптимального проектування останніх є необхідним для інженерів різних спеціальностей, особливо інженерів-електриків і інженерів-електромеханіків.

Застосування електромагнітних реле в радіоелектронній апаратурі пред'являє ряд істотних вимог до технічної документації, до літератури й, в остаточному підсумку, до знань розроблювачів апаратури. Оптимальне задоволення цих вимог дозволяє зменшити масу й габарити, знизити вартість, підвищити стійкість до зовнішніх дестабілізуючих факторів, надійність і довговічність радіоелектронної апаратури.

**1. Технічне завдання**

На курсове проектування за курсом:

«Елементи й пристрої автоматики й систем керування»

Завдання: «Розрахунок електромагнітного реле постійного струму типу РС52»

Вихідні дані:

Uпит = 24 У;

Матеріал: сталь електротехнічна марки Е відпалена;

Контакти: 2 розімкнутих, 2 замкнутих.

Розрахунково-пояснювальна записка повинна містити:

введення, технічні умови на пристрій;

розрахунок магнітного ланцюга;

розрахунок і побудова криві намагнічування магнітної системи;

визначення мінімального числа ампер витків спрацьовування;

розрахунок і побудова тягової характеристики;

розрахунок обмотки.

**2. Технічні характеристики реле РС52**

Реле РС52 - відкрите, одностабільне, із двома контактними групами, зі сполученням спорогенезів, замикаючих і перемикаючих контактів, призначено для комутації електричних кіл постійний і змінний токи частотою до 400 Гц.

Реле РС52 відповідає вимогам ДЕРЖСТАНДАРТ 16121-86 і технічним умовам КЩО-450-017ТУ.

Умови експлуатації

Температура навколишнього середовища від - 60 до + 70 (C.

Циклічний вплив температур -60 і +70 (C.

Підвищена відносна вологість до 98 % при температурі +20 (C.

Атмосферний тиск від 2×103 до 106×103 Па.

Синусоїдальна вібрація (віброміцність і вібростійкість) у діапазоні частот від 5 до 80 Гц – із прискоренням не більше 100 м/с2.

Ударна міцність

При багаторазових ударах із прискоренням не більше 1500 м/с2 – 250 ударів, із прискоренням не більше 750 м/с2 – 4000 ударів.

Постійно діючі лінійні прискорення не більше 200 м/с2.

Технічні характеристики

Струм харчування - постійний.

Опір ізоляції між струмоведучими елементами, між струмоведучими елементами й корпусом, Мом, не менш:

- у нормальних кліматичних умовах (обмотки знеструмлені) 200

- в умовах підвищеної вологості 10

- при максимальній температурі (після витримки обмотки під робочою напругою) 200

Іспитова змінна напруга, В:

між струмоведучими елементами, між струмоведучими елементами й корпусом:

- у нормальних кліматичних умовах 900

- в умовах підвищеної вологості 500

- при зниженому атмосферному тиску 250

між ізольованими обмотками:

- у нормальних кліматичних умовах 500

- в умовах підвищеної вологості 300

- при зниженому атмосферному тиску 250

Опір електричного контакту в стадії поставки 0,5 Ом, у процесі експлуатації й зберігання 2 Ом. Маса реле не більше 110 р.

**3. Розрахунок електромагнітного реле**

*Розрахунок провідності робочого зазору*

Розрахунок магнітного ланцюга зводиться до обчислення магнітної провідності робочих і неробочого повітряних зазорів, провідності витоку, коефіцієнта розсіювання потоку й похідної провідності робочого зазору для декількох положень якоря.

Малюнок 1 - ескіз повітряних зазорів



Вихідні дані:

Ширина полюсного наконечника d=0,017м;

Товщина полюсного наконечника c=0,00005 м.

Відстань від осі обертання якоря до осі симетрії сердечника магнітної системи R0=0,01425 м.

5. товщина немагнітної прокладки =0.001 м;



6. товщина скоби a=0,003 м;

Розрахункова формула для провідності має вигляд:

,(3.1.1)



де:( - величина робочого повітряного зазору;

η0 =4π⋅10-7 Гн/м - магнітна постійна;

К - коефіцієнт, що враховує нерівномірність магнітного поля

, ρ=2R0/d=1,68



де Rр – магнітний опір робочого повітряного зазору, Гн-1.

Потім розрахуємо магнітний опір робочого повітряного зазору Rр по формулі:

; (3.1.2)



Похідна магнітної провідності має вигляд:

.(3.1.3)



Обчислення магнітної провідності виробляються для трьох значень робочих повітряних зазорів: δ1=0,5⋅10-3 м; δ2=1⋅10-3 м; δ3=1,5⋅10-3 м.

Отримані значення магнітної провідності й похідній магнітної провідності зводимо в табл. 1.

при *др1= 0,5 ·10-3м*:



при *др2=1,0 ·10-3м*:



при *др3=1,5 ·10-3м*:



Таблиця 1 - Значення магнітної провідності й похідній магнітної провідності.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| δp⋅10-3, м | 0,5 | 1,0 | 1.5 |
| Gp⋅10-7, Гн | 7,305 | 3,98 | 2,82 |
| Rp⋅10-7, Гн-1 | 0.1369 | 0.2513 | 0.355 |
| ⋅10-4, Гн/м | 12.98 | 3.419 | 1.572 |

Побудуємо графік залежності Gp=f(δp) Малюнок 2



*Розрахунок магнітної провідності неробочого зазору*

Розрахуємо магнітну провідність неробочого повітряного зазору, що перебуває між прямокутним якорем, розташованим під кутом, і прямокутною скобою. При цьому приймаємо наступні допущення:

зазор утворений двома паралельними площинами;

крайові потоки дорівнюють нулю й магнітній провідності визначається по спрощеній формулі:

,(3.2.1)



где*Gн*- магнітна провідність неробочого зазору, Гн;

*Sн*- площа неробочого зазору, м2;

дн-н- величина неробочого зазору, м;

значення неробочого зазору визначається посередині скоби магнітної системи.

*Вихідні дані:*

товщина скоби *a* = 0.003 м;

ширина скоби *b =* 0,0155 м;

постійна частина неробочого повітряного зазору *Д =* 0,00005 м*.*

Неробочий зазор складається із частини, що змінюється, залежної від величини робочого зазору й постійної частини, обумовленою немагнітною прокладкою: (3.2.2)



де *дн'*- частина, що змінюється, неробочого зазору, м.

(3.2.3)



Відповідно до прийнятих значень робочого повітряного зазору розрахуємо значення неробочого повітряного зазору по (3.2.2), його магнітну провідність по (3.2.1) і магнітний опір по (3.1.2).

при *др1=0,5 ·10-3м*:



.



при *др2=1,0 ·10-3м*:



.



при *др3=1,5 ·10-3м*:



.



Результати розрахунків наведені в таблиці 2:

Таблиця 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| δp⋅10-3,м | 0.5 | 1.0 | 1.5 |
| δ’нз⋅10-3,м | 0,1026 | 0,1553 | 0,2079 |
| Gн⋅10-7, Гн | 5,69 | 3,761 | 2,809 |
| Rн⋅107, Гн | 0,176 | 0,2659 | 0,356 |

Розрахуємо магнітну провідність неробочого повітряного зазору між прямокутною скобою й підставою циліндричного сердечника (зазор обумовлений наявністю немагнітного покриття цих деталей і нещільністю їхнього прилягання). Магнітну провідність розрахуємо без обліку крайових потоків по формулі (3.2.4).

(3.2.4).



*Вихідні дані:*

приймемо зазор рівним *дн1=15·10-6м*;

діаметр сердечника *dс=9 ·10-3м.*

.



Магнітний опір цього зазору:

.



*Розрахунок провідності зазору витоку*

Розрахуємо магнітну провідність зазору витоку, утвореного паралельними циліндричним сердечником і прямокутною скобою (малюнок 3).



Малюнок 3. Спрощене зображення магнітного поля

Магнітний потік витоку (розсіювання) замикається крім робочого повітряного зазору. Потоки розсіювання є розподіленими й замикаються усередині контуру муздрамтеатру й поза ним. При розрахунку будемо враховувати тільки магнітні потоки, що замикаються усередині контуру муздрамтеатру. Приймемо висоту зони розсіювання рівній висоті котушки електромагніта.

Питома магнітна провідність зазору витоку визначається по формулі (3.3.1).

(3.3.1),



Де *= 0.87* - коефіцієнт, що залежить від співвідношення *b* і *h*.

(3.3.2).



Повна провідність зазору витоку:

(3.3.3),



де – висота котушки, м.

Наведену магнітну провідність повітряного зазору для потоку розсіювання визначимо по формулі (3.3.4).

(3.3.4).



Виходячи з вищенаведених формул, визначимо питому й наведену магнітну провідність зазору витоку.

*Вихідні дані:*

Відстань від сердечника до прямокутної скоби *h=11,25 ·10-3м*;

висота катушки *H=47 ·10-3м.*

,



,



,



.



Наведений магнітний опір зазору витоку:

.



*Розрахунок коефіцієнтів розсіювання струму*

Коефіцієнт *у* розсіювання потоку визначається через магнітні провідності по формулі (3.4.1).

(3.4.1).



Підставимо в (3.4.1) значення провідності робочого й неробочого зазорів і провідність витоку:

,



,



.



Результати розрахунків наведені в таблиці 3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 0,5 | 1,0 | 1,5 |
|  | 1,322 | 1,592 | 1,732 |

**4. Розрахунок криві намагнічування і їхню побудову**

Криві намагнічування дозволяють визначити зв'язок між магнітним потоком і МДС котушки електромагніта. При спрацьовуванні реле змінюється робочий повітряний зазор і його магнітна провідність. Кожному значенню робочого повітряного зазору відповідає своя крива намагнічування.

Для розрахунку криві намагнічування розбиваємо муздрамтеатр на ділянки, кожний з яких має постійний перетин і обтикається тим самим магнітним потоком (мал. 4).

У таблиці 4 наведені значення поперечних перерізів і середніх силових ліній кожної ділянки.

Таблиця 4 - параметри ділянок магнітної системи

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ділянка | | Площа перетину,  10-6м2 | Довжина силової лінії, 10-3м |
| 1 | Сердечник | 63,59 | 40,5 |
| 2 | Якір | 23,25 | 15,75 |
| 3 | Верхня частина скоби | 38,75 | 40,5 |
| 4 | Нижня частина скоби | 38,75 | 16,75 |

Повна схема заміщення магнітної системи в цьому випадку буде виглядати в такий спосіб мал. 5.

Малюнок 4 – Ескіз магнітної системи розбитої на ділянки



Малюнок 5 – повна схема заміщення електромагніта



Задаємося значеннями робочого магнітного потоку. Для цього знайдемо по характеристиці намагнічування для сталі електротехнічної марки Е мінімальну Вmin і максимальну Вmax індукції, а потім підставимо у вираження:

Фр.min= Вmin⋅Smax,(4.1)

Фр.max= Вmax⋅Smin,(4.2)

де:Smax і Smin – максимальна й мінімальна площа поперечного перерізу ділянок муздрамтеатру.

Фр.min=0,1 ⋅ 63.59 ⋅ 10-6= 6,36 ⋅10-6 Вб,

Фр.max=1,3 ⋅ 23,25 ⋅ 10-6=30,23 ⋅ 10-6 Вб.

Також задамося проміжним значенням робочого магнітного потоку Фр.ін = 18,3 ⋅ 10-6 Вб.

Визначаємо індукцію для кожної ділянки магнітної системи при мінімальному, проміжному й максимальному значенні робочого магнітного потоку:

,(4.3)



де:Si – площа поперечного перерізу ділянки.

По кривій намагнічування матеріалу муздрамтеатру (додаток) визначаємо напруженість магнітного поля, по обчисленим вище значеннях магнітної індукції.

Падіння магнітної напруги на сталевих ділянках за законом повного потоку:

,(4.4)



де:Hi – напруженість магнітного поля;

li – довжина силової лінії на ділянці.

Падіння магнітної напруги в неробочих зазорах:

,(4.5)



,(4.6)



де:Gнз1 і Gнз2 – провідності неробочих зазорів.

Сумарна сила, що намагнічується, у сталі й у неробочих зазорах муздрамтеатру:

.(4.7)



Криві намагнічування будуються для трьох значень робочих повітряних зазорів.

У табл. 5 представлені значення величин, обчислених по формулах (4.3) - (4.7).

Таблиця 5 - Значення індукції, напруженості й сили, що намагнічується, для всіх ділянок магнітної системи.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фр⋅10-6, Вб | Параметри | Ділянки | | | | Fнз1, А | Fнз2, А | FΣ, А |
| Деталь 1 | Деталь 2 | Деталь 3 | Деталь 4 |
| δр=0,5⋅10-3 м, σ=1,322 | | | | | | | | |
| 6,36 | В, Тл | 0,1 | 0,27 | 0,16 | 0,16 | 11,18 | 1,58 | 12,76 |
| 0,132 | 0,21 |
| Н,А/м | 0,006 | 0,0095 | 0,0083 | 0,0075 |
| F, А | 0,00024 | 0,00015 | 0,00034 | 0,00013 |
| 18,3 | В, Тл | 0,29 | 0,79 | 0,47 | 0,47 | 32,16 | 4,54 | 36,7 |
| 0,38 | 0,62 |
| Н,А/м | 0,011 | 0,017 | 0,0135 | 0,013 |
| F, А | 0,00045 | 0,00027 | 0,00055 | 0,00022 |
| 30,23 | В, Тл | 0,48 | 1,3 | 0,78 | 0,78 | 53,13 | 7,51 | 60,64 |
| 0,63 | 1,03 |
| Н,А/м | 0,014 | 0,045 | 0,02 | 0,017 |
| F, А | 0,00057 | 0,00071 | 0,00081 | 0,00028 |
| δр=1,0 ⋅ 10-3 м, σ=1,592 | | | | | | | | |
| 6,36 | В, Тл | 0,1 | 0,27 | 0,16 | 0,16 | 16,91 | 1,9 | 18,81 |
| 0,16 | 0,25 |
| Н,А/м | 0,0065 | 0,0095 | 0,0083 | 0,0075 |
| F, А | 0,00026 | 0,00015 | 0,00034 | 0,00013 |
| 18,3 | В, Тл | 0,29 | 0,79 | 0,47 | 0,47 | 48,66 | 5,47 | 54,13 |
| 0,46 | 0,75 |
| Н,А/м | 0,011 | 0,017 | 0,0145 | 0,013 |
| F, А | 0,00045 | 0,00027 | 0,00059 | 0,00022 |
| 30,23 | В, Тл | 0,48 | 1,3 | 0,78 | 0,78 | 80,38 | 9,04 | 89,42 |
| 0,76 | 1,24 |
| Н,А/м | 0,015 | 0,045 | 0,027 | 0,017 |
| F, А | 0,00061 | 0,00071 | 0,0011 | 0,00028 |
| δр=1,5 ⋅ 10-3 м, σ=1,732 | | | | | | | | |
| 6,36 | В, Тл | 0,1 | 0,27 | 0,16 | 0,16 | 22,64 | 2,07 | 24,71 |
| 0,17 | 0,28 |
| Н,А/м | 0,007 | 0,0095 | 0,0085 | 0,0075 |
| F, А | 0,00028 | 0,00015 | 0,00034 | 0,00013 |
| 18,3 | В, Тл | 0,29 | 0,79 | 0,47 | 0,47 | 65,15 | 5,95 | 71,1 |
| 0,5 | 0,81 |
| Н,А/м | 0,012 | 0,017 | 0,0153 | 0,013 |
| F, А | 0,00049 | 0,00027 | 0,00062 | 0,00022 |
| 30,23 | В, Тл | 0,48 | 1,3 | 0,78 | 0,78 | 107,62 | 9,83 | 117,45 |
| 0,83 | 1,35 |
| Н,А/м | 0,0153 | 0,045 | 0,046 | 0,017 |
| F, А | 0,00062 | 0,00071 | 0,0019 | 0,00028 |

За отриманим даними побудовані криві намагнічування, які наведені на мал. 6.

**5. Визначення мінімального числа ампер витків**

По таблиці 5 побудуємо криві намагнічування (мал.6).

По формулі (5.1) визначимо кути, що відповідають провідності зазорів.

(5.1)



де *p*- коефіцієнт, що враховує відношення масштабів осей ординат і абсцис для графіка, що представляє криві намагнічування магнітної системи.

.



Визначимо кути провідності:

,



,



.



По мал. 6 знайдемо крапку, у якій значення критичної сили, що намагнічує, буде максимальним. Для забезпечення надійного спрацьовування реле необхідно ввести коефіцієнт надійності:

(5.2)



Задамося по формулі (5.2) коефіцієнтом надійності, рівним 1.2. По мал. 6 знаходимо *Fmin порівн* = 47 А.

Отримане значення підставимо у формулу (5.2) і знайдемо *Fкр*:

.



За допомогою знайдених по формулі (5.1) значень кутів знаходимо *Fрi*:

(5.3)



Де *Fi*- значення сил, що намагнічують, знайдених з мал. 6 за допомогою кутів, розрахованих по формулі (5.1).

,



,



.



**6. Розрахунок і побудова тягової характеристики**

Електромагнітну силу в робочому повітряному зазорі визначимо по енергетичній формулі:

(6.1)



де - електромагнітна сила, Н;



- падіння магнітної напруги в робочому зазорі, А;



- похідна магнітної провідності робочого зазору, .



Підставимо у формулу (6.1) знайдені вище значення:

Н,



Н,



Н.



За отриманим даними побудуємо тягову характеристику електромагніта:



Графік 8.1. Тягова характеристика електромагніта

**7. Розрахунок обмотувальних параметрів реле**

Розрахунок котушки зводиться до визначення діаметра проведення, числа витків і опору, визначенню перевищення температури при найбільш несприятливих умовах роботи й уточненню її габаритних розмірів.

Знайдемо довжину середнього витка котушки по формулі:

(7.1)



Де *Dвн* = 9 мм- внутрішній діаметр обмотки котушки;

*Dн* = 16,25 мм- зовнішній діаметр обмотки котушки.

.



Знайдемо площу поперечного перерізу проведення обмотки:

(9.2)



де - питомий опір міді при температурі 378єK;



*U=24 У* – робоча напруга.



Розрахуємо діаметр проведення обмотки по формулі:

(9.3)



За довідковим даними вибираємо найближчий стандартний діаметр проведення *d= 0,063 мм* і виписуємо дані, необхідні для подальшого розрахунку котушки: діаметр проведення з ізоляцією для ПЕВ-2 *dиз= 0,09 мм*, площа перетину проведення *q= 0,003957 мм2*.

Знайдемо необхідне число витків котушки:

(7.4)



Де *lк= 3 мм*- довжина обмотки,

*Hк= 36 мм*- товщина обмотки,

*fк*- коефіцієнт заповнення котушки.

(7.5)



Де *Kу=0.95*- коефіцієнт укладання, що залежить від способу намотування й марки проведення.



По формулі (7.4) розрахуємо кількість витків:

.



Обчислимо опір котушки по формулі при температурі 378?K:

(7.6)



.



Визначимо струм у витках по формулі:

(7.7)



Зробимо перевірку проведених розрахунків по наступних формулах:

,(7.8)



.



Обчислена сила в 2,5 рази більше знайденої за графіком, тому що значення *Fкр* узяте із запасом. Отже, обчислення виконані правильно.

Обчислимо потужність, споживану котушкою:

(7.9)



Розрахуємо температуру перегріву обмотки котушки:

(7.10)



де - коефіцієнт теплопровідності,



*S*- площа поверхні котушки.

Площа поверхні сердечника котушки обчислюється по формулі (7.11):

(7.11)



Підставимо значення площі у формулу (7.10) і знайдемо температуру перегріву котушки:



Знайдемо максимальну температуру котушки:

(7.12)



де - максимальна температура навколишнього середовища.



Підставивши у формулу (7.12) значення одержимо:



Для намотування котушки було обране мідне намотувальне проведення марки ПЕВ-2, ізоляція якого ставиться до класу А. Для цього класу ізоляції припустимої є температура 378?K. Отримана температура нижче припустимої - отже котушка реле буде працювати нормально.

**Висновок**

У даному курсовому проекті був зроблений розрахунок реле постійного струму типу РС52. Були розраховані й побудовані криві намагнічування, тягова характеристика. Також була розрахована обмотка котушки реле й максимальна температура, до якої вона може нагріватися в процесі роботи.

**Список літератури**

1. Жукова Г.А., Жуків В.П. Курсове й дипломне проектування по низьковольтних електричних апаратах. К., 2006
2. В.П. Миловзоров Електромагнітні пристрої автоматики. –К., 2000
3. Ф.А. Ступель Електромеханічні реле. - Харків, 1996 м.
4. Ройзен В.З. Електромагнітні малогабаритні реле. – К., 1986
5. Качанов П.А., Мащенко Т.Г. Методичні вказівки до курсового проектування за курсом «Елементи та пристрої автоматики й системи управління». – К., 2003