Варіант 11

Розрахунок магнітного підсилювача

Магнітні підсилювачі (МП) це є підсилювачі, принцип дії яких оснований на використанні нелінійних феромагнітних матеріалів

Найпростіший МП являє собою змінну індуктивність дроселя насичення, що підключається послідовно з опором навантаження до джерела живлення змінного струму. Для отримання великих значень індуктивності дроселя МП виконують на феромагнітних сердечниках; при цьому використовують матеріали що володіють по можливості більш високою магнітною проникністю в слабих магнітних полях.

Вхідний сигнал в магнітному підсилювачі подається в обмотку управління. Найпростіша схема МП практично не використовується, оскільки змінний магнітний потік буде створювати е.р.с в управляючій обмотці, що буде створювати управляючий сигнал. Для усунення цього недоліку найпростіший МП виконується на двох сердечниках (дроселях), обмотки змінного струму які вмикаються так щоб складові магнітних потоків, що створюються цими обмотками, не індукували е.р.с в управляючій обмотці. При цьому змінна складова магнітного потоку, що створюється іншою обмоткою, повинна знаходитись в протифазі з змінною складовою магнітного потоку, що створюється другою обмоткою.

Найбільше практичне використанні набули магнітні підсилювачі із зворотнім зв’язком. В цих підсилювачах більшу частину підмагнічуваного магнітного створює магнітне поле зворотнього зв’язку і лише порівняно невелику його частину – магнітне поле управляючої обмотки

Найбільш громіздким і важким елементом в МП, що визначає габарити і масу є дросель насичення. Тому при проектуванні підсилювача найменшої ваги (об’єму, габаритів) необхідно старатись до максимального зниження об’єму і ваги дроселя. При заданій максимальній потужності в навантаженні об‘єм дроселя тим менший, чим вища індукція в магнітопроводі, частина струму в обмотці дроселя, частота джерела живлення, коефіцієнти заповнення міддю вікна обмотки і сталого поперечного січення магнітопроводу. Підвищення індукції в магнітопроводі обмежено індукцією насичення матеріалу, що використовується.

Оскільки підвищення частини струму в обмотці обмежується температурною стійкістю ізоляції, то в ряді випадків бажано використання проводів з теплостійкою ізоляцією.

Ефективним засобом зниження габаритів і ваги дроселя насичення є підвищення частоти джерела живлення. В даний час дякуючи успіхам у розвитку магнітно – транзисторних генераторів проектувальнику надаються відносно широкі можливості по вибору частоти живлення.

З підвищенням частоти зв‘язано необхідність переходу на більш тонкі магнітні матеріали, що збільшує технологічні складнощі виготовлення магнітопроводів.

1. Аналіз технічного завдання і вибір схеми підсилювача.

Згідно з технічним завданням на курсову роботу нам необхідно розрахувати МП забезпечивши слідуючі характеристики:

* Максимальний струм живлення Іу = 75мА
* Максимальний робочий струм Ім = 220 мА
* Опір навантаження Rн = 0,4 Ом
* Коефіцієнт підсилення по потужності Крос = 4 000
* Напругою мережі живлення Uм = 36 В
* Коефіцієнтом кратності не менше 15
* Постійна часу така, щоб Кзз = 0,6 – 0,95

В залежності виду струму або напруги в полях навантаження визначаються МП з виходом на змінному, або на постійному струмі. В нашому випадку по завданню вихід на змінному струмі.

По завданню нам не ставиться нам не ставиться вимоги до високої чутливості до полярності вхідного струму, відсутність струму холостого ходу і не ставляться підвищені вимоги до роботи МП. Тому використовуємо нереверсивний МП. По завданню коефіцієнт підсилення по потужності Крос = 4 000.

Підвищити коефіцієнт підсилення МП можна шляхом використання додатного зворотного зв‘язку. При коефіцієнті підсилення по потужності Кр > 200 необхідно застосувати зовнішній зворотній зв‘язок (ПЗЗЗ).

Для МП з ПЗЗЗ підсилення по потужності:

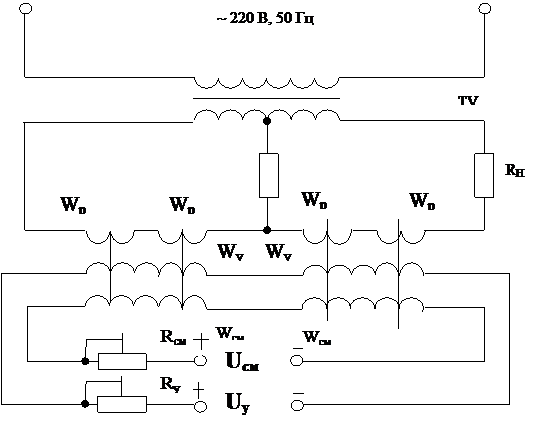
(1)

Де Кзз – коефіцієнт зворотного зв‘язку (ЗЗ), котрий при умові рівності струмів робочого і ЗЗ, можна визначити ці співвідношення витків

(2)

Отримання високого ефекта підсилення без ЗЗ приводять до дуже високого числа витків обмотки управління, що веде до збільшення розмірів сердечника і погіршення динамічних властивостей МП (а на завданню нам потрібно отримати МП з мінімальними габаритами).

Тому використовується нереверсивний МП з додатнім зворотнім зв’язком Приймаємо слідуючу схему МП з виходом на змінному струмі з зовнішнім зворотнім зв’язком, що приведена на рис 1.



На рис 1. Позначені Wy – обмотка управління в яку подається вхідний сигнал. Для того щоб підсилювач на змінну полярність вхідного сигналу введено постійне підсилювання. Для того використовується спеціальна обмотка зміщення Wзм. Wзз – обмотка зворотнього зв’язку.

Для проектування МП мінімальних габаритів необхідно йти до мінімальних розмірів дроселя при заданій вихідній потужності габартити тим менші чим вищі індукція в магнітопроводі, густина струму в обмотці дроселя, частота джерела живлення і т.д. Підвищення індукції магнітопроводі обмежуються індукційно насичення використаного матеріалу. Особливо бажано в МП малих габаритів використовувати матеріали високою індукцію наприклад: 50НП 65 НП, 34НКМП.

1. Розрахунок МП.
   1. Знаходимо потужність у навантаженні

Рн = І²нRн (3)

Рн=(0.22)²·400=19.36 (Вт)

Напруга на навантаженні

Uн=IнRн (4)

Uн=0.22·400=88 (В)

* 1. Напруга живлення МП.

Uмп=1.3·36=46.8 (В)≈ 47 (В)

Таким чином, оскільки по завданні напруга мережі 36 В, то нам потрібно трансформатор живлення.

* 1. Виходячи з вище наведених міркувань вибираємо матеріали 50 НП, з товщиною стрічки 0.05 мм.

Виходячи з магнітних властивостей матеріалу знаходимо:

Вмо=1.25 Тл

Но=0.7 А/см

Вмк=0.5 Тл

Нк=15 А/см

Звідси коефіцієнт кратності:

Кпр=Нк/Но = 17/0.7=21.43 > 15 – отже вірно.

В пристроях автоматики, як правило використовуються стрічкові виті сердечники серії ОЛ.

Для нереверсивного МП об’єм тероїдального сердечника рівний

(6)

V= 2.28 см²

По таблиці (додаток 3 [1]) приймаємо сердечник типу ОЛ25135-5

В нього: Vтабл = 2.35 см³ - об’єм сердечника

Д = 35 мм – зовнішній діаметр

Sc = 0.25 см³ - січення сердечника

l = 25 мм – довжина середньої магнітної лінії

L = 25 мм – внутрішній діаметр

b = 5 мм – висота сердечника

Sвітки = 4.91 см² - площа вікна

* 1. Знайдемо число витків робочої обмотки

, де Кзс = (0.8 – 0.86) – коефіцієнт заповнення сталі для стрічки товщиною 0.05 мм, Кзс = 0.85

Wp = 398 витків

* 1. Напруженість магнітного поля де створюється обмоткою управління

Ну=Нр=IнWp/l = 9.28 А/см

* 1. Струм холостого ходу

Іхх=Ін/Кпр = 10.6 мА

* 1. Коефіцієнт зворотнього зв’язку

Кзз = 1 – 4f\*hзз\*Тзз/Кдзз

Hзз – орієнтовно приймається в межах 0.7 – 9.3

Де завдання Кзз=0.85; Кзз=0.92

Тоді постійна часу Мп рівна 0.19 с

* 1. Число витків обмотки зворотнього зв’язку:

Wзз=Кзз·Wp = 0.92·398=366.16 виток

* 1. Число витків обмотки управління
  2. Діаметер проводу і опір обмотки управління:

Ry= Ру/Кдзз·Іу² = 0.86 Ом

Для забезпечення такого опору, діаметр проводу може бути знайдений слідуючим шляхом. Для прийнятого сердечника середня довжина витка обмотки приблизно рівна Іср = 3.87 см. Тоді вся довжина проводу:

Іср=Іср·Wy = 0.00584 км

Звідси опір 1 км проводу рівний

Rмн = Ry/Wy = 14.72 Ом/км

З додатку 4[1] це відповідає проводу Ly=1.28 мм в якого: Rмн = 0.0152 ОМ/м, кількість витків в 1 см² Wo=65 в/см², Sy=1.28 мм²

Woy=Kc·Woy=46 витків

Коефіцієнт К=0.7 враховує те, що у тероїдального сердечника густина намотки менша, ніж у інших. Таким чином приймаємо Ly=1.28мм, провід марки ПЕВ-1, який по густині струму може пропустити струм значно більший струму Іу

Вікно для розміщення цієї обмотки приблизно рівне

Sy≈Wy/Woy≈3.2 см²

* 1. Діаметер проводу робочих обмоток Lp виходячи з допущеної густини струмі j=4 А/мм²

Lp=0.039 мм, січення проводу = 0.0016 мм²

* 1. Площа вікна для робочої обмотки
  2. Січення проводу обмотки зворотнього зв’язку

qзз=Ізз/j=0.055 мм²

Приймаємо Lзз=0.92 мм

* 1. Площа вікна для обмотки зворотнього зв’язку
  2. Сумарна площа вікна, зайнята обмотками

Wy, Wp і Wзз

Інша частина вікна :

залишається для обмотки зміщення, ізоляційний прошарок і технологічного отвору.

* 1. Побудова робочої характеристики Ін=f(Iy)

Для побудови робочої характеристики, в першу чергу необхідно побудувати еліпс навантаження з пів осями Вм і Нкд. Оскільки є вже дві точки цього еліпса: точка «О» з координатами (Вмо і Но) і точка «К» з координатами Вмк і Нк то пів осі рівні

Напруженість К. З.

Ікз=388 мА

* 1. Значення кута для лінії зворотнього зв’язку

γ= arctgКзз = arctg 0.92 = 42.6

* 1. Розраховуємо обмотку зміщення. Для цього струм насичення Інас=2Імакс=0.44А

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ін, мА | 49 | 73 | 127 | 170 | 196 | 241 | 355 |
| Іу, мА | 87 | 156 | 306 | 418 | 493 | 612 | 936 |

Іх’х = 130 мА

Розраховуємо необхідне початкове значення струму навантаження

Іно=225 мА

Знаходимо число витків обмотки зміщення Wзм для переміщення робочої точки, Іх’х в Іно

Де Ізм задається, тобто Ізм= 0.02 А

Wзм = 945 витків

Діаметер проводу L = 0.08 мм

Площа вікна для обмотки зміщення:

Січенян проводу qзм = 0.005024 мм² ПЕВ-1

Sзм=0.13 см²

Додатковий регулюючий опір

Rрез=2117 Ом

Rзм=310.4 Ом

Rрег=2.117 Ом

Таким чином доцільно поставити змінний опір на 2.4 кОм і постійний на 1 кОм

2.19 Перевірка вірності вибору осердя з конструктивної точки зору визначається з умови можливості розміщення в вікні осердя всіх обмоток

1. Розрахунок трансформатора живлення:

U1=36 В, U2=47В, І2=0.3А

* 1. Визначаємо потужність трансформатора:

Ртр=8.3 Вт де h≈0.85 ККД трансформатора

* 1. Знаходимо основні параметри.

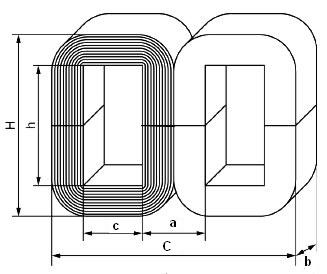
QсQв= (1+h)/ζ = 0.5

* 1. Визначаємо ширину стержня магнітопровода

, де отримані співвідношення розмірів при мінімальних габаритах

Х=С/А = 1; У=В/А=1.5; Z=H/A=2.5

А=1.3 мм

Знаючи значення QcQв вибираємо магнітопровід типу ШЛ рис.2

* 1. Визначаємо втрати в сталі Rc=σ·Gст

Рст = 1.5·0.0195=0.2925 Вт

* 1. Для знаходження струму холостого ходу необхідно витратити активну і реактивну складову струму хх

Ірх=4.7%

Іхх=5.8%

cosγ=0.9999

Визначаємо струм первинної обмотки

І1=0.54А

Абсолютне рівняння струму хх

* 1. Визначаємо поперечний переріз і діаметри проводів для обмоток трансформатора

q1=I1/j=0.104 мм²

q2=I2/j=0.057 мм²

З додатку 4[1] вибираємо провід ПЕВ – 1 і записуємо його дані

Lіз – діаметр проводу з ізоляцією = 0.31 мм

L – діаметр проводу без ізоляції = 027 мм

g – маса 1 кг проводу = 0.315 г/м

* 1. Визначаємо кількість витків обмоток

Wi=2200 V1/BmQc

W1=211 витків

W2=275 витків

* 1. Визначимо висоту обмотки

hоб = 15-2·1.5·2·0.5=11мм

Число витків в одному шарі обмотки

N1=23.8 витків; N2= 32.3 витків

Число рядів кожної обмотки Mi=Wi/Ni

M1≈9; M2≈9;

Між обмотками вкладається ізоляція, товщина якої ζ=0.2 мм

Радіальний розмір кожної обмотки підраховуємо

ζі=1.2МіLiз

ζ1=4.536 мм

ζ2=3.348 мм

Сумарний радіальний розмір обмотки

ζр= ζ1+ζ2+(n+1)ζ0 = 8.484 мм

Довжина зазору між каркасом і магнітопроводом отримана в результаті розрахунку:

ζ3 = С-ζк-ζр=15 мм

Таким чином тр-р розрахований вірно і тому в якості магнітопроводу вибираємо магнітопровід ШЛ6х10

1. Перевірка температурного режиму МП.

Трансформатор або дросель МП складається з магнітного сердечника і обмоток з проводу в ізоляції. З точки зору теплового режиму трансформатор живлення і дросель являють собою активні тепловиділяючі елементи, при чому тепло виділяється, як і в самому сердечнику, так і в обмотках. Тому можна говорити про потужність в сердечнику і в обмотках («в міді») Рроз=Рс+Рм.

Температура сердечника визначається видами втрат. Підвищення температури сердечника і обмоток може привести до негативних явищ.

В залежності від особливостей схеми допустима температура перегріву сердечника може бути різна. В багатьох випадках температуру перегріву можна вважати недопустимою, якщо статичні й динамічні параметри сердечника змінюються більш ніж на 10% порівняно з розрахунками.

Температуру перегріву трансформатора можна розрахувати (8.2)(3)

Δtпер=Rтр·Рроз, де Rтр – тепловий опір трансформатора.

Для трансформатора живлення

R1=0.8373 Ом

R2=2.16 Ом

Знаходимо потужність втрат в обмотках для дроселя:

Рм=1.11Вт

Для трансформатора

Рм=0.43 Вт

Знаходимо потужність втрат в сердечнику

Для дроселя:

Рст=ζGст

Рст=0.026 Вт

Потужність втрат:

Для дроселя Рроз=1.37 Вт

Для трансформатора Рроз=0.7225 Вт

Температура перегріву для дроселя Δt=1.8\*C

При нормальних умовах експлуатації така температура перегріву дроселя і трансформатора не буде істотно впливати на режим роботи МП. Тому можна зробити висновок, що дросель насичення і трансформатор живлення розраховані вірно

1. Висновок

Розрахувавши температурний режим даної схеми, а також площу заповнення вікна дроселя, ми можемо вважати, що даний не реверсивний підсилювач з параметрами Wр=398 витків, Wy=151 виток, Wзз=366 витків, дросель на осерді з сталі 50НП-ОЛ 25/35-5, та трансформатор на залізі ШЛ6х10 розраховано вірно

Список літератури

1. Васюра А.С. – книга “Елементи та пристрої систем управління автоматики”
2. Келим Ю.М. Типовые элементы систем автоматического управления
3. Кацман М.М. Руководство к лабораторным работам по

электрическим машинам и электроприводу

Зміст

1. Аналіз технічного завдання і вибір схеми підсилювача.
2. Розрахунок магнітного підсилювача
3. Розрахунок трансформатора живлення
4. Перевірка температурного режиму магнітного підсилювача
5. Висновок

Список використаної літератури.

Зміст.