##### *Зміст*

1. Вступ.
2. Аналіз технічного завдання.
3. технічне завдання (вихідні умови).
4. вибір електродвигуна, розрахунок потужності.
5. аналіз існуючих схем стабілізації кутової швидкості електродвигуна.
6. вибір функціональної схеми системи стабілізації кутової швидкості.
7. Статичний розрахунок.
8. розрахунок статичних характеристик електродвигуна.
9. розрахунок статичних характеристик редуктора.
10. основного підсилювача.
11. тахогенератора.
12. вибір типу зворотнього зв’язку і значень опорної напруги.
13. вибір і розрахунок статичних характеристик попереднього підсилювача.
14. розрахунок статичних характеристик автоматичної систем.
15. Розрахунок динамічних характеристик системи.
16. динамічні характеристики двигуна.
17. динамічні характеристики редуктора.
18. основного підсилювача.
19. тахогенератора.
20. вибір типу зворотнього зв’язку і значень опорної напруги.
21. вибір і розрахунок динамічних характеристик попереднього підсилювача.
22. побудова структурної схеми автоматичної системи.
23. знаходження передаточної функції розімкненої і замкненої системи.
24. Аналіз системи на стійкість (по критеріях).
25. Гурвіца.
26. Найквіста.
27. Михайлова.
28. Висновки.
29. Використана література.

#### *Вступ*

В число наукових дисциплін, які утворюють науку про керування, виходить теорія автоматичного управління і регулювання. Спочатку вона створювалась для вивчення статики і динаміки процесів автоматичного керування технічними об’єктами – виробничими, енергетичними, транспортними. Основне її значення збереглось, в наш час, хоча в останні роки її висновками і результатами починають користуватися і для вивчення динамічних властивостей системи керування не тільки технічного характеру, а й економічного, організаційного, біологічного і т.д.

Для здійснення автоматичного керування технічним процесом створюється система, яка складається із керуючого об’єкта і зв’язаного з ним керуючою. Система повинна володіти конструктивною жорсткістю і динамічною міцністю. Ці механічні терміни означають, що система повинна виконувати задані їй функції з необхідною точністю, не дивлячись на не усунуті завади. Доки об’єкт володіє достатньою жорсткістю і динамічною міцністю, потреби в автоматичному керуванні не виникають.

Розвиток теорії автоматичного керування в останні роки плідним і багатогранним. Динамічні процеси керування посідають важливе місце в живих організмах, економічних і організаційних людино-машинних системах. В таких системах функції керування не можуть бути повністю перекладені на автоматичні пристрої. Прийняття найбільш відповідальних рішень залишається за людиною.

В автоматизованих системах керування технологічними процесами роль динаміки безперечна.

Також передбачається впровадження автоматизованих систем у різноманітні сфери господарської діяльності, і в першу чергу в приготування, керування обладнанням і технологічними процесами. У вирішенні цих задач дослідження і розробки в області теорії автоматичного керування відіграють важливу роль.

##### *Аналіз технічного завдання*

*Технічне завдання (вихідні умови)*

Табл. 1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № варіанту | Статичний момент навантаження,  Мс[*кГс⋅м*] | Момент інерції навантаження  Iн[*Гсм⋅C2*] | Максимальна кутова швидкість вала, n [*об/хв*] | Максимальне кутове прискорення  [*C-2*] |
| 25 | 20 | 2⋅105 | 1 | 1 |

*Вибір двигуна, розрахунок потужності*

Сумарний максимальний момент:



Момент інерції навантаження:



Початковий максимальний момент:



Загальна потужність двигуна









 : 



По потужності  вибираємо двигун

Вибираємо двигун серії 2П із висотами осі обертання 90-200 *мм. (Табл.2)*

Експлуатаційні характеристики двигуна

Табл. 2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типорозмір. | Напруга | Частота обертання  *об/хв* | | ККД,  % | Опір обмотки при 15°С. | | | Індуктивність ланцюга якоря  *мГн* |
| Нор. | Макс. | якоря | додатних полюсів | Збудження |
| 2ПН90НУ | 110  220 | 750  750 | 3000  1500 | 47,5  48,5 | 5,84  7,2 | 4,4  16,2 | 610  162 | 125  514 |

Кутова швидкість двигуна .

Даний двигун має степінь захисту від впливу ІР22, а спосіб охолодження ІС01.

Двигун із ступінню захисту ІР22 мають центробіжний реверсивний вентилятор, який насаджений на вал якоря з сторони, протилежній колектору. Двигуни виготовлені із незалежним збудженням. Напруга збудження 110 або 220 В незалежно від номінальної напруги якоря.

Знайдемо передбачуваний коефіцієнт передачі редуктора:



Момент навантаження на двигун:





Знаходимо потужність двигуна із врахуванням коефіцієнту запасу:

(Bt)

(Bt)

 : 

 - коефіцієнт корисної дії: 



 - коефіцієнт поправки в редукторі 

(Bt)

*Аналіз існуючих схем стабілізації*

По принципу формування керуючої дії – системи з реалізацією керуючого впливу:

1. По відхиленню – система вимірює відхилення вихідного параметру і по певному алгоритму користуючись кількісним значенням керує.
2. По збудженню – система формує керуючий вплив, вимірює кількісне значення зовнішнього збудження.

Переваги і недоліки:

1. По відхиленню:

* простота реалізації
* висока точність

недоліки

* мала швидкодія

1. По збудженню

* велика швидкодія

недоліки

* низька точність
* складність реалізації системи

*Вибір функціональної схеми системи стабілізації*

Враховуючи переваги і недоліки обох типів систем, вибираємо систему із реалізацією керуючого впливу по відхиленню.

Рис. 1. Функціональна схема.

###### ПП

###### ОП

Дв

Ред.

Тг

Uоп

Q(t)

Uоп(t)

Uдв(t)

nзад

ПП – попередній підсилювач

ОП – операційний підсилювач

Дв – двигун

Ред – редуктор

Тг – тахогенератор.

##### *Статичний розрахунок*

Властивості двигуна описуються наступними статичними характеристиками:

1. регулювальною –  при ,

де  – кутова швидкість якоря двигуна

 – момент на валу двигуна

1. механічною – при 

Рухомий момент і момент опору в усталеному режимі рівні: .

Для якірного ланцюга на основі закону Керхгофа справедливе наступне рівняння:

 (1)

де *і* – струм в якірному ланцюгу

R – сумарний активний опір

L – сумарна індуктивність якірного кола

*ер* – е.р.с., яка рівна  (2)

Тут  – електрична стала двигуна, яка визначається конструктивними параметрами і величиною потоку 

де *р* – число пар полюсів

*N* – число провідників обмотки якоря

*а* – число паралельних віток обмотки

В усталеному режимі , формула (1) матиме вигляд:

(3)

Момент, який розвиває двигун в результаті дії потоку збудження і струму якоря:

(4)

де  – механічна стала двигуна, яка визначається конструкцією двигуна і значенням потоку збудження.

Із формули (3) знайдемо вираз для регулювання характеристики двигуна постійного струму:

(5)

Проведемо розрахунок для регулювальної характеристики:





Рис. 2. Регулювальна характеристика двигуна

Таким чином, регулювальна характеристика двигуна постійного струму із незалежним збудженням і керуванням зі сторони якоря є пряма із крутизною .

При відсутності моменту опору (*Мо=0*) пряма проходить через початок координат, а у випадку наявності моменту опору на валу двигуна характеристика відрізає на осі абсцис відрізок (рис. 2).

При дослідженні регулювальних характеристик двигуна постійного струму при відсутності прийнятих припущень вони будуть нелінійними. При врахуванні реакцій якоря зменшується крутизна регулювальної характеристики, збільшується зона нечутливості за рахунок спаду напруги на колекторному переході. В області зони нечутливості появляється скачок швидкості, обумовлений тим, що коефіцієнт тертя при запуску більший.

Рівняння механічної характеристики електродвигуна знайдемо із формули (3) і (4).

або  (7)

де  – пусковий момент двигуна.

В момент пуску  і . При моменті навантаження  . Тут  – кутова швидкість холостого ходу, яка відповідає значенню .

При постійному значенню  формула (7) є рівнянням прямої, яка відрізає по осям відрізки  і  і похилої до вертикальної осі під кутом  (рис.3), тангенс якого рівний 

де  – коефіцієнт.

Проведемо розрахунок для навантажувальної (механічної) характеристики:

Знайдемо механічну сталу  електричного двигуна:

.



Знайдемо коефіцієнт демпфування :

.

Навантажувальна (механічна) характеристика приведена на рис.3



Рис. 3. Навантажувальна характеристика.

Із збільшенням керуючої напруги  швидкість холостого ходу  отримує перетворення і навантажувальна характеристика переміщається паралельно сама собі, так як кут  при цьому не змінюється. Чим більший , тим менше буде змінюватися величина встановленої швидкості. Ця властивість цінна в системах стабілізації, де двигун працює в режимі постійної швидкості обертання.

*Розрахунок редуктора*



 – кутова швидкість двигуна при 

 рад/с

.





Необхідно відкоригувати напругу на двигуні



 *(В)* – регулювальна характеристика

*В* – відкориговане значення напруги якоря.

*Розрахунок тахогенератора*

Швидкісні умови виробу



; .

*Характеристики тахогенератора типу ПТ-22:*

 *В*

 *об/хв.*



*(В).*

*Компаратор*





; .

.

*В*

.

##### *Динамічний розрахунок*

Для отримання динамічних характеристик необхідно користуватися рівнянням електричної і механічної рівноваги двигуна.

Рівняння механічної рівноваги двигуна запишемо на основі закону збереження моментів:

 (8)

де  – динамічний момент якоря двигуна, який рівний добутку моменту інерції на його кутову швидкість:

.

Оскільки момент опору при відсутності навантаження на валу якоря рівний моменту тертя в осях, то його значенням можна знехтувати. Тоді (8) запишеться як:

 (9)

Звідси (10)

Продиференціюємо (10):  (11).

Підставимо залежності (10) і (11) в (1), отримаємо:

  (12)

Введемо позначення , , , тоді (12) можна записати у вигляді:  (13).

Заслуговуючи метод перетворення Лапласа, отримаємо передаточну функцію двигуна постійного струму:  (14).

Згідно теорії проведемо розрахунок.

Рівняння динаміки виведемо із рівняння напруги в ланцюгу і співвідношень моментів.

R

L



 – електрорушійна сила



Електрична стала часу, викликана індуктивністю двигуна: .

Механічна стала часу, викликана моментом якоря: .

Стала часу  визначається із конструктивних параметрів функціонального елемента і фізичних процесів, які протікають в ньому. Вона повинна містити в собі значення так званих інерційних параметрів і значення активного опору.

Інерційні параметри: індуктивність, ємність, момент інерції, теплоємність.

Активні параметри: активний опір, коефіцієнти сирого тертя, об’єми (для рідин).

.

Для редуктора: 

– тахогенератора (вважаючи, що навантаження тахогенератора є з високим вхідним опором не ємнісного і не індуктивного характеру).



Рис. 5. Структурна схема автоматичної системи.

W1(p)

W2(p)

W3(p)

W4(p)

W5(p)

Xвх

Xвих

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Назва фізичного елемента |  | Тип ланки | Значення коефіцієнта |
| 1 | ПП |  | Пропорційна | 4,01 |
| 2 | ОП |  | Пропорційна | 0,9 |
| 3 | Двигун |  | Аперіодична І порядку | 0,8: =0,3 |
| 4 | Редуктор |  | Пропорційна | 0,008 |
| 5 | Тахогенератор |  | Пропорційна | 13,8 |

Періодична функція розімкнутої системи: .

##### *Аналіз системи на стійкість*

1. Критерій Гурвіца.

Перевірка стійкості за Гуквіцом зводиться до обчислення за коефіцієнтами характеристичного рівняння так званих визначників Гурвіца, які для стійкої системи керування повинні бути додаткові.

Для перевірки стійкості за Гурвіцем використовуємо характеристичне рівняння системи керування, яка знаходимо, прирівнюючи до нуля знаменник передаточної функції замкненої системи.

1. Критерій Найквіста.

Критерій Найквіста ґрунтується на розгляді амплітудно-фазової характеристики  розімкненої системи, за виглядом якої можна робити висновок про стійкість замкненої системи, що зумовлено наявністю однозначної залежності між передаточною функцією  розімкненої системи і характеристичним рівнянням замкненої.

Амплітудно фазову характеристику  можна побудувати за допомогою розрахунку на основі аналітичного виразу функції  при заміні в останній на  і зміні  від 0 до ∞.

1. Критерій Михайлова.

Ґрунтується на побудові тої званої кривої Михайлова, яка являє собою годограф вектора , що креслиться при зміні  від 0 до ∞.

Х

y

- 0,002

- 0,002

- 0,003

- 0,004

- 0,005

- 0,006

- 0,007

- 0,008

- 0,009

- 0,01

- 0,011

- 0,012

- 0,004

- 0,006

- 0,001

0

- 0,008

- 0,01

- 0,012

- 0,014

- 0,016

- 0,018

- 0,02

- 0,022

Комплексна функція  утворюється внаслідок підставляння  в характеристичний поліком , що стоїть у лівій частині характеристичного рівняння.

Відповідно до критерію Михайлова, для стійкості системи автоматичного керування *n*-го порядку, необхідно і достатньо, щоб характеристична крива Михайлова при зміні  від 0 до ∞, починаючи з додатної дійсної осі, обійшла послідовно в додатному напрямі (тобто проти руху годинникової стрілки) *n* квадратів.

1,023

3

30

jy

Х



; 





Рівняння годографа Михайлова



; .

  

 

 

 

 

##### *Висновки:*

У даній курсовій роботі я спроектував і проаналізував систему стабілізації кутової швидкості електродвигуна.

Вибравши функціональну схему системи стабілізації кутової швидкості по відхиленню, провів статичний і динамічний розрахунок системи, побудував структурну схему автоматичної системи і проаналізував на стійкість по критеріях: Гурвіца, Найквіста і Михайлова.

##### *Використана література*

1. Конспект лекцій з теорій автоматизованого керування.
2. ”Справочник по электрическим машинам” в 2-х томах. Под общ. ред. дер-ра техн. наук Н.П. Копылова.
3. Д.В. Васильев, В.Г. Чуич ”Системы автоматического управления”.
4. Подлесный Н.Н., Рубанов В.Г. “Элементы систем автоматического управления и контроля”.
5. Титов В.К., Новогранов Б.Н., Воронов А.А. “Основы теории автоматического управления”.