|  |  |
| --- | --- |
|  | Министерство науки и высшего образования Российской ФедерацииФедеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)**Нижнетагильский технологический институт (филиал)****Департамент технологического образования** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Оценка |  |  |  |
| Руководитель курсового проектирования |
| (курсовой работы) |  |
| Члены комиссии |  |
|  |  |
| Дата защиты |  |  |

ОТЧЕТ

о курсовой работе

|  |  |
| --- | --- |
| по теме: | РАСЧЕТ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ |

|  |  |
| --- | --- |
| Студент | Фамилия И.О. |
| Группа |  |

Нижний Тагил

2020

СОДЕРЖАНИЕ

**Задание на проектирование САУ. Исходные данные.**

В курсовой работе требуется рассчитать двухконтурную систему автоматического управления (САУ) электропривода постоянного тока.

*Двигатель постоянного тока*

Тип двигателя - 4П.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uном, В | P2 ном, кВт | IА ном, А | nном, об/мин | Jя ном, 10-2, кг\*м2 | Ƞном, % |
| 220 | 1,35 | 8,4 | 1000 | 14 | 69 |

*Элементная база САУ*

Систему автоматического управления выполнить в аналоговом варианте, на базе операционных усилителей серии К140

*Функциональная схема неизменяемой части САУ.*

В неизменяемую часть САУ включают двигатель, преобразовательный агрегат и датчики контролируемых координат.



Рис 1. Функциональная схема неизменяемой части САУ

*Требуемые показатели качества САУ*

1. время регулирования $t\_{p}=0,5 с;$
2. статическая ошибка не должна превышать 0,01;
3. величина перерегулирования не более 10 %;
4. порядок астатизма по сигналу заданий $A\_{s}=1$;
5. запас устойчивости по модулю $∆L$ не менее 6 дБ, по фазе $∆φ$ - не менее 30$°$.

*Приведенная ко входу системы помеха*

Помеха содержит 2 гармонические составляющие с частотой 50 и 150 Гц.: $N\left(t\right)=А\_{П1}\*Sin\left(2πf\_{1}t\right)+А\_{П2}Sin\left(2πf\_{2}t\right)$

$А\_{П1}=1В; А\_{П2}=0.2 В.$

1. **Структурная схема неизменяемой части САУ**

Структурная схема неизменяемой части САУ содержит динамическую модель двигателя постоянного тока, тиристорный преобразователь и датчики.

Рис 2. Структурная схема неизменяемой части САУ

* 1. **Выбор уровня сигналов. Расчет датчиков обратных связей.**

Максимальный уровень входных сигналов, действующих в системе, определяется элементной базой, на которой выполнена система управления. В данном случае используется операционный усилитель серии К140 с напряжением питания ±15 В. Поэтому предел напряжения синтезируемой САУ принимается равным: Uсау.max = 10 В.

*Расчет датчика тока*

Датчик тока выполнен с использованием шунтов. Шунт выбирается по максимальному току двигателя.

Рис 3. Схема датчика тока

*Расчет датчика скорости*

Датчик скорости в данной схеме выполнен на тахогенераторе с возбуждением от постоянных магнитов.

Тахогенератор выбирается по номинальной скорости двигателя, но не меньше.

Рис 4. Схема датчика скорости

* 1. **Модель тиристорного преобразователя.**

Рис 5. Модель тиристорного преобразователя

*Определение величины некомпенсируемой постоянной времени*$ Tμ$*.*

Важным параметром системы подчиненного регулирования является некомпенсируемая постоянная времени. Она определяет быстродействие и помехоустойчивость САУ.

* 1. **Модель двигателя постоянного тока.**

Можно использовать результаты РГР№1, которую выполняли в прошлом семестре.

1. **Синтез системы подчиненного регулирования.**

Система подчиненного регулирования должна обеспечивать управление током и скоростью двигателя.

При синтезе системы управления внутренняя отрицательная обратная связь по противоЭДС двигателя не учитывается.

Таким образом объект управления будет содержать последовательно соединенные 2 апериодические звена (якорную цепь двигателя и модель преобразователя) и 1 интегрирующее (модель механической части).

* 1. **Синтез контура тока**

Объектом управления в контуре тока является тиристорный преобразователь и якорная цепь двигателя.

Датчик обратной связи представлен безынерционным звеном с коэффициентом передачи kот =.

Структурная схема контура тока представлена на рисунке.

Рис 6. Структурная схема контура тока

Контур тока настраивается на технический оптимум.

Желаемая передаточная функция замкнутого контура тока будет иметь 2 порядок, так как оптимальная функция 1 порядка уже входит в контур тока.

Таким образом, желаемая передаточная функция замкнутого контура тока будет иметь вид:

$$w\_{жзкт}\left(р\right)=\frac{1}{k\_{от}(2T\_{μ}^{2}p^{2}+2T\_{μ}p+1)}$$

Определение передаточной функции регулятора тока удобно проводить по желаемой передаточной функции разомкнутого контура

$$w\_{жркт}\left(р\right)=\frac{1}{2T\_{μ}p\left(2T\_{μ}p+1\right)}$$

С другой стороны, реальная передаточная функция разомкнутого контура тока равна произведению передаточных функций всех звеньев, входящих в этот контур.

$$w\_{реал.ркт}\left(р\right)=w\_{рт}\*\frac{k\_{п}}{T\_{μ}p+1}\*\frac{1}{R\_{a}\left(T\_{μ}p+1\right)}\*k\_{от}$$

Из равенства следует:

$$w\_{жркт}\left(р\right)=w\_{реал.ркт}\left(р\right)$$

Передаточная функция регулятора тока представляет собой изодромное звено (ПИ регулятор).

Определим передаточную функцию регулятора тока и выделим из этой функции П и И части.

$$w\_{рт}=\frac{R\_{a}\left(T\_{a}p+1\right)}{2T\_{μ}k\_{п}k\_{от}p}=\frac{R\_{a}T\_{a}p}{2T\_{μ}k\_{п}k\_{от}p}+\frac{R\_{a}}{2T\_{μ}k\_{п}k\_{от}p}=k\_{рт}+\frac{1}{Т\_{рт}p}$$

Полученную передаточную функцию регулирования тока можно реализовать на ОУ.

Рис 7. Принципиальная схема регулятора тока, выполненного на ОУ

Между параметрами принципиальной схемы, реализованной на ОУ и параметрами передаточной функции, существует некоторая связь.

$$\left|k\_{рт}\right|=\left|\frac{R\_{0}}{R\_{1}}\right|;$$

$$T\_{рт}=R\_{0}\*C\_{0};$$

Учитывая, что максимальные уровни сигнала задания и сигнала обратной связи одинаковы, то можно принять что R1 = R2.

Рис 8. ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутого контура тока.

Рис 9. Переходная характеристика контура тока.

* 1. **Синтез контура скорости.**

Объектом управления в контуре скорости является электромеханическая часть двигателя и замкнутый контур тока, настроенный на технический оптимум.

Структурная схема контура скорости имеет вид.

Рис 10. Структурная схема идеализированного (без учета внутренней ООС по противо-эдс двигателя) контура скорости

При настройке на технический оптимум желаемая передаточная функция замкнутого контура скорости будет равна.

Однако с целью упрощения расчетов в передаточной функции замкнутого контура тока составляющими высших порядков можно пренебречь.

Таким образом,

$$w\_{зкт}=\frac{1}{k\_{от}(2T\_{μ}p+1)}$$

$$T\_{μ}^{'}=2T\_{μ}$$

$$w\_{зкт}^{'}=\frac{1}{k\_{от}(T\_{μ}^{'}p+1)}$$

При такой замене желаемая передаточная функция замкнутого контура скорости будете равна:

$$w\_{зкс}^{'}=\frac{1}{k\_{ос}(2T\_{μ}^{'}^{2}p^{2}+2T\_{μ}^{'}p+1)}$$

Такой желаемой характеристике замкнутого контура соответствует желаемая характеристика разомкнутого контура скорости с единичным сигналом.

$$w\_{жркс}=\frac{1}{2T\_{μ}^{'}p(2T\_{μ}^{'}p+1)}\*\frac{(2T\_{μ}^{'}p+1)}{2T\_{μ}^{'}p}$$

С другой стороны, реальная передаточная функция разомкнутого контура скорости равна произведению всех звеньев, входящих в этот контур

$$w\_{реал.ркс}=w\_{рс}\*\frac{1}{k\_{от}\left(T\_{μ}^{'}p+1\right)}\*СФ\*\frac{1}{Jp}\*k\_{ос}$$

Рис 11. ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутого идеализированного (без учета внутренней ООС по противо-эдс двигателя) контура скорости.

Рис 12. Переходная характеристика идеализированного (без учета внутренней ООС по противо-эдс двигателя) контура скорости.

* 1. **Учет влияния внутренней отрицательной обратной связи по противо-эдс двигателя. Расчет корректирующеей параллельной обратной связи.**

Рис 13. Структурная схема САУ

Рис 14. Переходная характеристика контура скорости.

1. **Оценка устойчивости САУ.**

Оценка устойчивости выполняется по методу Найквиста для ЛЧХ.

Рис 15. ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутого контура скорости.

1. **Оценка качества регулирования**

Рис 16. Переходная характеристика САУ (Uзс=Uсау.max; Мс=Мн).

Рис 17. Переходная характеристика САУ (Uзс=Uсау.max+Помеха; Мс=Мн).