**1. Задание на курсовой проект**

Требуется разработать регулятор температуры, который будет поддерживать температуру в соответствии с графиком задания Рис. 1.

Точность соответствия температуры заданию должна быть не ниже 12%.

t0C

80

-10

~Uвх,В

0 100 200 220

Функциональная схема устройства :

Uп = 140+/-30%

Uвх

ЗИ Р СУ VT1

Дt Rн

Требования к узлам устройства:

1. Задатчик интенсивности :

1.1. Uвх0 = 0 В.

1.2. Uвх1 = ~220 В ; (напряжение сети).

1.3. Время нарастания температуры 32 с.

1.4. Задатчик должен обеспечивать потенциальную развязку от напряжения сети.

2. Система управления импульсным ключом:

2.1. Обосновать выбор типа модуляции.

2.2. Разработать принципиальную схему.

2.3. Рассчитать элементы.

3. Импульсный ключ:

Выбрать требуемый транзистор импульсного ключа

по току и напряжению.

4. Нагревательный элемент :

Мощность нагревательного элемента 250 Вт.

5. Датчик температуры:

Выполняется на диоде.

6. Регулятор :

Пропорционально интегральный регулятор.

**2. Импульсный ключ.**

Выбор силового ключа производится из расчета максимального напряжения Uкэ max и максимального тока Iк max

Un max = Uн + 30% = 182 B = U кэ max

Iн = P/Uн = 1.786 A Номинальный ток через транзистор

Imax = U кэ max Iн / Uн Максимальный ток через транзистор

Транзистор выбираем с запасом по току и напряжению 30%.

U кэ max = Uп max + 30% = 236 B

I к max = I max + 30% = 3.9 A

Выбран транзистор **КТ858А**  , из раздела высокочастотные мощные, со следующими параметрами :

I к max = 7А ; U кэ max = 400 В ; β = 10 ; U бэо max = 6 В ; U кэ нас = 1 В

КIД = β / 3 = 3.33 Динамический коэффициент передачи по току

Iб max = I max / KIД = 0.905 А

**3. Система управления импульсным ключом.**

3.1. Предоконечный каскад.

Выбор транзисторов в предоконечном каскаде проводится по следующим параметрам :

1. Un < Uбэо max(силового ключа)

2. Iк max = Iб (силового ключа) max + 50%

3. U кэ max = 2Un + 30%

Примем Un = 5 B

Тогда :

U кэ max = 13 В

Iк max = 1.358 А

Для как можно большего уменьшения тока управления необходимо в предоконечный каскад поставить транзистор с большим коэффициентом усиления. Важным условием так же является широкая полоса рабочих частот.

По этим параметрам выбран составной высокочастотный транзистор **КТ972Б** со следующими параметрами :

I к max = 4А ; U кэ max = 45 В ; β = 750 ; U бэо max = 5 В ; U кэ нас = 1.5 В

КIД = β / 3 = 250 Динамический коэффициент передачи по току

Определим ток базы составного транзистора :

Iб max = Iк max / KIД = 0.005 А

Ток базы достаточно мал, значит можно уже использовать микросхему.

Для более быстрого отключения силового транзистора необходимо притянуть накопившиеся на его базе заряды к отрицательному полюсу источника питания.

Для этого необходимо использовать транзистор типа p - n - p .

Произведем выбор этого транзистора .

1. U кэ max = 2Un + 30%

2. Iк max = Iб (силового ключа) max + 50%

Выбран транзистор **2Т830А** со следующими параметрами :

I к max = 2А ; U кэ max = 25 В ; β = 25 ; U бэо max = 12 В ; U кэ нас = 0.6 В

3.2. Управление ключом поручим АЦП .

K554CA3Б

3 W

4 2

7 Q

R

8 R 9

11 Q

6 +U

-U

Выберем компаратор **К554СА3Б** со следующими параметрами:

Un = +/-15 B (+/-1.5 В) ; Iпот1 < 7.5 mA ; Iпот0 = 5 mA ;

Ucм < 7.5 mB ; Iвх ср < 0.25 mkA ;

Для управления импульсным ключом необходимо на его вход подавать управляющие импульсы, преобразованные из аналоговых сигналов задания и сигнала с датчика температуры. Для этой цели выберем широтно импульсную модуляцию ШИМ - 1. Я реализую ШИМ - 1 модулятор на компараторе. Более точная модуляция в данном проекте не требуется т.к. на входе компаратора сигнал не сложной формы. А ШИМ - 1 более прост в настройке ( легко можно посмотреть на экране осциллографа ). На один вход компаратора подаются контрольные импульсы с генератора пилообразных импульсов. На другой вход компаратора подаются сигнал задания и сигнал с датчика температуры, обработанные определенным образом.

На выходе компаратора образуются управляющие импульсы.

3.3. Генератор пилообразных импульсов.

*Генератор пилообразных импульсов* сделаем на основе генератора прямоугольных импульсов построенного на логических элементах.

Генератор прямоугольных импульсов построим на основе микросхемы **К561ЛН2** ,выполненной по технологии КМОП . Эта микросхема содержит 6 логических элементов НЕ три из которых мы используем. На входы оставшихся трех элементов подадим логический уровень 1 .

+15 B

R4

1 1 1 R7 VT

C2

R1 R2 R3 C1

VD

Произведем расчет и выбор навесных элементов микросхемы.

Генератор будем строить на частоту f = 10 Кгц , что соответствует периоду Т = 100 мкС .

Из этого условия выбираем сопротивление R4, принимая величину емкости С2 = 820 пФ.

R4 C2 = 100мкС R4 = 1.22 105

Из ряда резисторов выбран номинал R4 = 130 Ком .

Величина параллельного сопротивления резисторов R2 R3 должна находиться в пределах от 3 до 4 кОм, чтобы не перегрузить логический элемент по току.

Пренебрегая R2 выберем R3 = 3.6 кОм .

Длительность импульса на выходе последнего логического элемента должна находиться в пределах 1...2 мкс. Примем длительность импульса tи = 1.5 мкс. В моей схеме длительность импульса определяется С1 R3 = tи . Отсюда определим величину емкости С1.

С1 = 4.167 10-10 Ф

Выберем величину емкости С1 из ряда емкостей С1 = 3.9 10-10.

С1 R3 = 1.404 мкС. Это значение удовлетворяет нашему промежутку.

В моей схеме период импульса определяется С1 R2 = Т.

Отсюда найдем величину сопротивления R2

R2 = 2.564 105 Ом

Из ряда резисторов выберем номинал R2 = 2.7 105 Ом.

Величина сопротивления R1 должна находиться в пределах

10...500 Ком . Примем R1 = 100 Ком.

Транзистор в этой схеме выбран **КТ603А** со следующими параметрами Ikmax = 0.3 A ; UКЭ = 30 В ; β = 80 .

Резистор R7 выбираем по току базы транзистора .

Ik = Ikmax - 30% = 0.21A

Iб = Ik / β = 2.625 mA

R7 = Un / Iб = 5714 Ом

Из ряда резисторов выбираем номинал R7 = 5.6 Ком

**4. Блок питания**

-Uвх СТ -Uвых -15В

+Uвх +Uвых +15В

~220 В

GND

+5В

-5В

Блок питания требуется с двумя двухполярными источниками. Одним пяти вольтовым источником , для питания импульсного ключа, и вторым пятнадцати вольтовым источником питания , для микросхем .

Для питания импульсного ключа стабилизатор напряжения не нужен, и я использую простую схему диодный мост VD11 - VD14 марки **КД209** и конденсаторы **С14 = С15 = 100 мкФ** и **С12 = С13 = 0.01 мкФ** .

Для остальных элементов требуется стабильное напряжение питания. Выбор стабилизатора происходит по следующим параметрам : Uст = +/-15 +/-1.5 В ; Iст >=0.04 .

По этим параметрам выбран двухполярный стабилизатор напряжения в интегральном исполнении **142ЕН6Б** со следующими параметрами : Uст = +/-15 +/-0.015 В ; Iст = 0.2 А **.**

Остальная схема представляет собой диодный мост VD2 - VD5 марки **КЦ405Е** . Емкости на входе стабилизатора должны быть на два порядка выше, чем на выходе, поэтому выбраны следующие конденсаторы **С4 = С5 = 1000 мкФ** , а **С7 = С8 = 10 мкФ .**

**5. Задатчик интенсивности**

R1

C1

VD1 R2

VD2 R3

C2 VD3 R4

Исходя из задания на курсовой проект к задатчику можно предъявить следующие требования :

1. Задатчик интенсивности должен обеспечивать потенциальную развязку от напряжения сети.

2. Время нарастания температуры 32 сек.

Потенциальную развязку обеспечивает трансформатор с коэффициентом передачи КП на входе задатчика.

Время нарастания температуры обеспечивает схема интегратора собранная на операционном усилителе.

Произведем расчет навесных элементов операционного усилителя в задатчике интенсивности.

Из графика задания найдем приблизительные коэффициенты пропорциональности резисторов R2 R3 R4 :

Кт = Δt / ΔU

Δt - изменение температуры на одном участке

ΔU - изменение напряжения на том же участке

Кт1 = 20 / 100 = 1.25

Кт2 = 35 / 100 = 0.35

Кт3 = 25 / 20 = 0.2

При ступенчатой подаче на задатчик интенсивности 220 (В) в работу включаются сразу все резисторы (R2, R3, R4). Примем их параллельное сопротивление равным Rтретьего = 4.7 Ком .

Тогда параллельное сопротивление резисторов R2 и R3 можно вычислить по формуле :

Rвторого = n1⋅Rтретьего = 1.679 10-4

где n1 = Кт3 / Кт2

Найдем величину сопротивления R2 :

R2 = n2 ⋅Rвторого = 2.937 104

где n2 = Кт2 / Кт1

Выберем из ряда резисторов стандартный номинал R2 = 30 Ком

Rвторого = R2 / n2 = 1.714 104 Ом

Найдем величину сопротивления R3 :

R3 = R2 ⋅Rвторого / (R2 - Rвторого) = 4 104

Выберем из ряда резисторов стандартный номинал R3 = 43 Ком

Найдем величину сопротивления R4 :

R4 = Rвторого ⋅Rтретьего / (Rвторого - Rтретьего) = 6.427 103

Выберем из ряда резисторов стандартный номинал R3 = 6.2 Ком

По получившимся номиналам резисторов посчитаем их общее сопротивление Rтретьего = 4.6 103 .

Определим величину емкости конденсатора в обратной связи операционного усилителя из условия :

Rтретьего ⋅C = 32 сек

где Rтретьего - общее сопротивление резисторов R2, R3, R4.

С = 32 / Rтретьего = 0.00694 Ф.

Выберем из ряда конденсаторов стандартный номинал

С = 6800 мкФ.

Величина резистора R1 и типы стабилитронов зависят от выходного напряжения трансформатора. Примем выходное напряжение трансформатора Uвых = 6 В, при входном напряжении Uвх = 220 В.

Значит коэффициент трансформации Ктр = 6 / 220 = 0.0273.

Выберем выпрямительный диод **Д12А** со следующими параметрами: Iпр = 100 мА , Uпр = 1 В, Uобр = 50 В.

Учтем падение напряжения на выпрямительном диоде

Тогда при Uвх = 100 В Uвхоу = 1.9 В

при Uвх = 200 В Uвхоу =4.7 В

Выберем стабилитроны для требуемых напряжений:

КС119А Uст = 1.9 В Iст = 10 мА

КС147Г Uст = 4.7 В Iст = 10 мА

Коэффициент усиления операционного усилителя сделаем равным двум, чтобы операционный усилитель не вошел в насыщение. Тогда Uвыхоу = 10 В.

Конденсатор на входе операционного усилителя должен быть достаточно большой емкости, чтобы сгладить пульсации напряжения с выхода выпрямительного диода.

Примем емкость конденсатора С2 = 2200 мкФ.

**6. Датчик температуры**

+15B

R2

-15B R3

R4

R1 R5

VD

По заданию на курсовой проект датчик температуры должен быть выполнен на диоде. Выбран маломощный выпрямительный диод **Д106** с параметрами Iпрср = 1 мА ; Т мах = 1250 .

Резистором R1 задает ток через диод .

R1 = Un / Iпрср = 15 Ком

Подаем на вход операционного усилителя опорное напряжение через резисторы R3 и R2 .

Зададим падение напряжения на резисторе R2 = 5 В , что соответствует сопротивлению R2 = U / I = 15 / 0.0001 = 150 Ком. Но резистор подстроечный и, следовательно, для удобства регулировки нужен номинал в два раза больше. Примем сопротивление резистора R2 = 300 Ком.

Зададим падение напряжения на резисторе R3 U = 9 В при токе через него I = 0.00001 А.

R3 = U / I = 900 Ком

Выберем из ряда резисторов стандартный номинал R3 = 910 Ком.

Из расчета задатчика интенсивности видно, что при максимуме задания на выходе датчика температуры должно быть +10 В.

Соответственно подберем коэффициент усиления операционного усилителя и номиналы резисторов во входной ветви и в ветви обратной связи.

Изменение падения напряжения на диоде составляет 2 (мВ/С0) , на всем рабочем участке это изменение падения напряжения составит 0.18 В. Это и будет максимальное входное напряжение.

Тогда найдем коэффициент усиления К = Uвых / Uвх = 55.56 .

По этому значению подберем сопротивления R5, R4 .

Резистор R5 возьмем переменный для компенсации ошибок задания, которые возникают из-за разбросов параметров элементов схемы.

Примем величину сопротивления R5 = 10 Ком.

Тогда R4 = 5000 ⋅ 55.56 = 277 Ком .

Выберем из ряда резисторов стандартный номинал R4 = 270 Ком.