ЭЛ-08-14

РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ по курсу «Электрические и электронные аппараты»

Часть 1. Расчет схемы с транзистором

1. Определение токов и напряжений

Рассчитать переходные процессы в схеме при периодическом включении и выключении транзистора с заданной частотой коммутации (f) и коэффициентом заполнения γ ($\gamma = t_{вкл}/T$, $T = 1/f$ – период переключения, $t_{вкл}$ – время включенного состояния транзистора). Необходимо выполнить расчет токов и напряжений для двух периодов переключения, считая полупроводниковые приборы идеальными, и построить в одном временном масштабе диаграммы изменения токов и напряжений на элементах схемы в течение двух периодов:

- токи в резисторах;
- ток и напряжение на транзисторе;
- ток и напряжение на дросселе (в схемах 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14);
- напряжение и ток конденсатора (в схемах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8).

На первом периоде работы транзистора начальное значение тока дросселя (напряжения на конденсаторе) принять равным нулю, при этом для схем 1, 5, 8, 9, 11, 13, 14 расчет следует начать с интервала времени включенного состояния транзистора, а для схем 2, 3, 4, 6, 7, 10, 12 – с выключенного.

2. Определение токов и напряжений в граничном режиме работы схемы

Определить значение сопротивления R_1 (или R_2), соответствующее граничному режиму работы схемы, вычислить максимальные и минимальные значения токов и напряжений на элементах схемы и построить диаграммы их изменения в течение одного периода (те же, что и в пункте 1).

При расчете принять, что граничный режим достигается, когда минимальное значение тока дросселя (в схемах 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14) или напряжения на конденсаторе (в схемах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8) составляет 1% от максимального значения.

3. Выбор транзистора

Для граничного режима работы схемы требуется выбрать транзистор – полевой (MOSFET) или биполярный с изолированным затвором (IGBT).

При выборе транзистора используются следующие параметры:

для MOSFET

$U_{(BR)\,DSS}$ – максимально допустимое напряжение сток-исток,

I_D – максимальный ток стока;

для IGBT

$U_{(BR)\,CES}$ – максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер,

I_C – максимальный ток коллектора.

Компании-поставщики электронных компонентов:

«ЧИП и ДИП» (www.chipdip.ru)
«ПЛАТАН» (www.platan.ru)
«КОМПЭЛ» (www.compel.ru)
«СИММЕТРОН» (www.symmetron.ru)

На указанных сайтах представлены каталоги транзисторов различных фирм-производителей, их параметры и техническая документация (datasheet). Также для выбора транзистора можно воспользоваться информацией, размещенной на официальных сайтах производителей.

Фирмы-производители полупроводниковых приборов:

1. International Rectifier (www.irf.com, www.irf.ru)
2. Infineon Technologies AG (www.infineon.com)
3. Fairchild Semiconductor (www.fairchildsemi.com)
4. ON Semiconductor (www.onsemi.ru.com)
5. STMicroelectronics (www.st.com)
6. SEMIKRON (www.semikron.com)
7. IXYS Corporation (www.ixys.com)
8. Vishay Intertechnology (www.vishay.com)
9. Mitsubishi Electric (www.mitsubishielectric.com)
10. Fuji Electric (www.fujielectric.com)

МОП-транзисторы серии КП и IGBT серии МТКИ:

1. Электровыпрямитель (www.elvpr.ru)
2. ОКБ «Искра» (www.okbiskra.ru)
3. Ангстрем (www.angstrem.ru)
4. НТЦ «СИТ» (www.sitsemi.ru)

4. Расчет статических потерь

Определить статические потери в транзисторе, используя электрические параметры выбранного полупроводникового прибора:

$R_{DS\,(on)}$ – сопротивление сток-исток, I_{DSS} – ток утечки (для MOSFET);

$U_{CE\,(on)}$ – макс. напряжение насыщения, I_{CES} – ток утечки (для IGBT).

При расчете принять, что ток транзистора во включенном состоянии и напряжение на транзисторе в выключенном состоянии не будут отличаться от рассчитанных в пункте 2.

5. Расчет динамических потерь

Определить динамические потери в транзисторе, используя данные о его быстродействии: t_{on}, t_{off} – время включения и выключения.

По результатам расчета тока и напряжения на транзисторе на интервалах включения и выключения необходимо построить следующие графики:

- токи и напряжения на транзисторе;
- мгновенные мощности в процессах включения и выключения;
- траектории переключения транзистора.

При расчете можно принять, что в процессах включения и выключения ток дросселя (в схемах 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14) или напряжение на конденсаторе (в схемах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8) остаются неизменными, если такое допущение не противоречит принципу работы схемы.

6. Расчет охладителя

Выполнить тепловой расчет и определить размеры пластинчатого радиатора (длину и высоту), используя тепловые характеристики выбранного транзистора:

T_j – максимальная допустимая температура кристалла;

$R_{\theta jc}$ – тепловое сопротивление между кристаллом и корпусом прибора.

Температура охладителя определяется как

$$T_s = T_j - P \cdot \left(R_{\theta jc} + R_{\theta cs}\right),$$

где P – суммарные потери в транзисторе; $R_{\theta cs}$ – тепловое сопротивление между корпусом прибора и охладителем.

Значения тепловых сопротивлений корпус-охладитель для некоторых типов корпусов транзисторов

Тип корпуса		Тип изолирующей прокладки	R_{cs}, °C/Вт с силиконовой смазкой	R_{cs}, °C/Вт без смазки
TO-3		Без изолирующей прокладки	0,1	0,3
		Слюда (50-100 мкм)	0,5-0,7	1,2-1,5
TO-66		Без изолирующей прокладки	0,15-0,2	0,4-0,5
		Слюда (50-100 мкм)	0,6-0,8	1,5-2
TO-220AB		Без изолирующей прокладки	0,3-0,5	1,5-2
		Слюда (50-100 мкм)	2-2,5	4-6
TO-220		Без изолирующей прокладки	0,3-0,55	1,5-2
		Слюда (50-100 мкм)	3-5	4-6
TO-3P(L)		Без изолирующей прокладки	0,1-0,2	0,4-1
		Слюда (50-100 мкм)	0,5-0,7	1,2-1,5

Мощность, рассеиваемая охладителем:

$$P = \left(k_{\text{т,к}} + k_{\text{т,и}}\right) \cdot S_{\text{охл}} \cdot \left(T_s - T_a\right),$$

где $S_{\text{охл}}$ – площадь теплоотводящей поверхности; $k_{\text{т,к}}$, $k_{\text{т,и}}$ – коэффициенты теплоотдачи конвекцией и излучением; $T_a = 40\,°\text{C}$ – температура окружающей среды.

Для пластинчатого охладителя в вертикальном положении

$$k_{\text{т,к}} = A \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt[4]{\frac{T_s - T_a}{D}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot °\text{C}}\right],$$

где D – высота пластины [см]; A – коэффициент, зависящий от температуры.

Зависимость коэффициента *A* от средней температуры

$T_{\text{ср}} = 0{,}5(T_s + T_a)$	10 °C	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C	120 °C	150 °C
A	1,4	1,34	1,31	1,29	1,27	1,26	1,24

$$k_{\text{т,и}} = 0{,}235 \cdot 10^{-10} \cdot \varepsilon \cdot \left(T_{\text{ср}} + 273\right)^3 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot °\text{C}}\right],$$

где ε – степень «черноты» поверхности (ε = 0,9 для окрашенной поверхности).

ЭЛ-08-14

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Вар.*	Схема	f, кГц	γ	E, В	I, А	R_1, Ом	R_2, Ом	L, мГн	C, мкФ
1	3	18,5	0,5	50		20	10		1,5
2	14	19,5	0,6		25	15	15	0,5	
3	6	20,0	0,7		5	100	150		0,5
4	13	19,0	0,7	210		200	150	1,5	
5	2	18,0	0,3		5	80	40		0,5
6	10	17,0	0,4		7	50	5	0,1	
7	5	17,5	0,5	1000		200	200		0,1
8	12	18,0	0,6		15	30	10	0,5	
9	4	9,0	0,7		15	10	40		4,0
10	13	8,0	0,3	120		200	130	2,5	
11	1	7,5	0,3	500		50	80		1,5
12	11	8,5	0,6	500		50	30	2,5	
13	8	9,5	0,5		15	50	150		0,5
14	12	10,0	0,3		20	50	5	1,0	
15	3	12,0	0,7	200		2	4		6,5
16	7	13,0	0,6	300		30	40	1,5	
17	6	14,0	0,3		5	50	40		0,5
18	11	12,5	0,7	600		50	50	2,5	
19	2	13,5	0,4		15	30	80		0,5
20	9	14,5	0,4	50		1	15	0,5	
21	5	11,5	0,3	750		150	150		0,1
22	7	2,0	0,5	100		20	20	2,0	
23	4	3,0	0,5		10	50	80		2,5
24	14	1,5	0,4		20	25	5	0,5	
25	1	2,5	0,5	40		5	10		25

*** вариант соответствует номеру в списке группы**

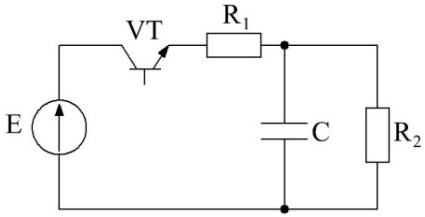

Схема 1

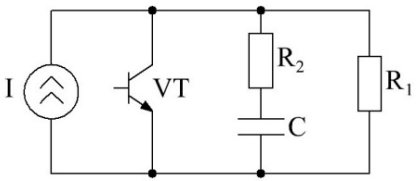

Схема 2

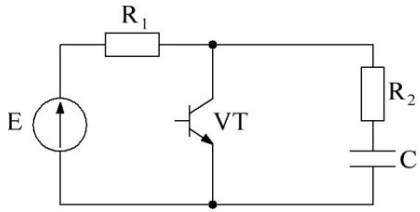

Схема 3

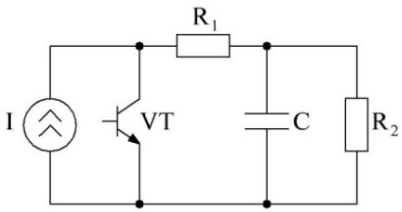

Схема 4

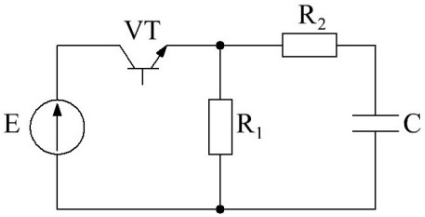

Схема 5

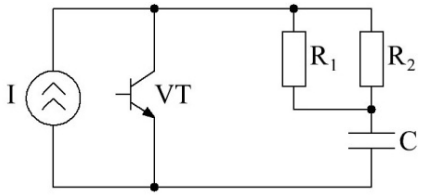

Схема 6

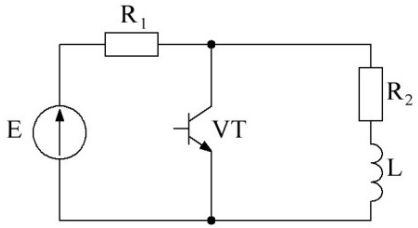

Схема 7

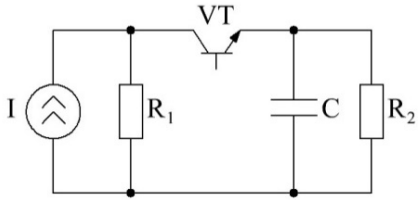

Схема 8

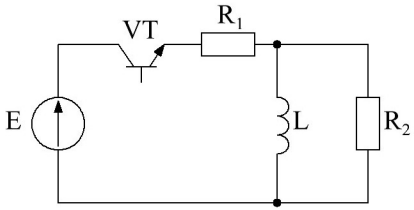

Схема 9

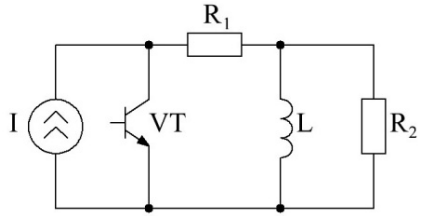

Схема 10

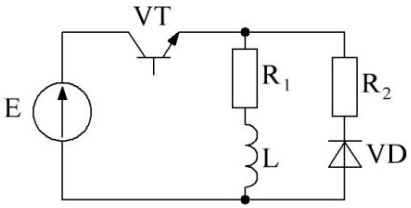

Схема 11

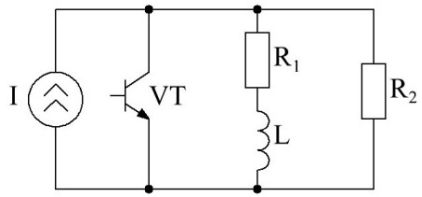

Схема 12

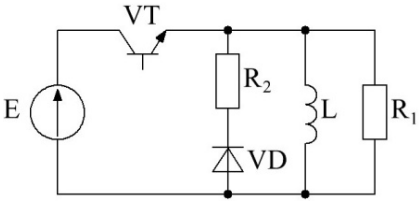

Схема 13

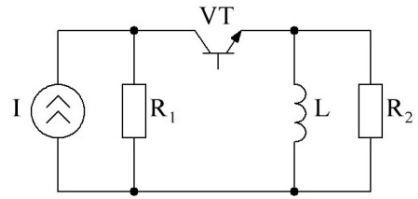

Схема 14

СРОК ВЫПОЛНЕНИЯ: 10 неделя