

Упрощенный расчет ключевого режима работы транзистора на резистивную нагрузку.

При ключевом режиме работы транзистор находится в одном из двух состояний. Транзистор либо полностью открыт (режим насыщения), либо полностью закрыт (режим отсечки).

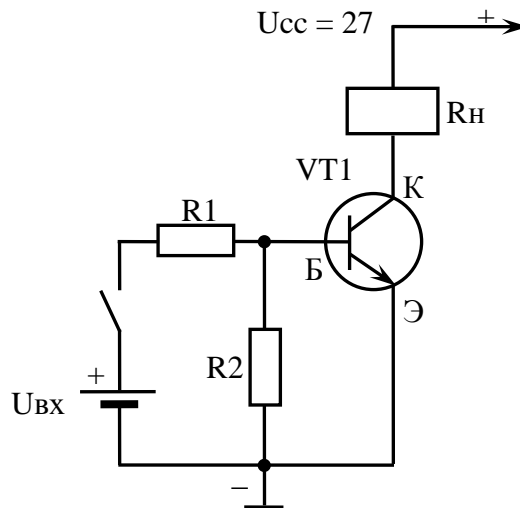


Рис. 1. Схема включения транзистора для работы в ключевом режиме.

Рассмотрим пример (рис. 1), где в качестве нагрузки выступает контактор типа КНЕ030 на напряжение 27 вольт с катушкой сопротивлением 150 Ом. Индуктивным характером катушки в данном примере пренебрежём, считая, что реле будет включено раз и надолго.

Расчёт тока коллектора и подбор транзистора.

Рассчитаем ток коллектора:

$$I_k = (U_{cc} - U_{кэнас}) / R_n,$$

где I_k – ток коллектора, U_{cc} – напряжение питания (27В), $U_{кэнас}$ – напряжение насыщения коллектор-эмиттер биполярного транзистора, R_n – сопротивление нагрузки (150 Ом). $U_{кэнас}$ – напряжение насыщения коллектор-эмиттер для биполярного транзистора обычно от 0,2 до 0,8 Вольт, (может значительно различаться для разных транзисторов). В нашем случае $R_n = 150$ Ом, $U_{кэнас}$ примем 0,4 Вольт, тогда:

$$I_k = (27 - 0,4) / 150 = 0,18 \text{ Ампер} = 180 \text{ мА}$$

На практике из соображений надежности элементы всегда необходимо выбирать с запасом. Возьмем коэффициент запаса 1,5. Рассчитаем параметры транзистора. Допустимый ток коллектора не менее $1,5 \cdot 0,18 = 0,27$ Ампер, максимальное напряжение коллектор-эмиттер не менее $1,5 \cdot 27 = 40$ Вольт. Открываем справочник по биполярным транзисторам (Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник/А. А. Зайцев, А.И. Миркин, В. В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова – М.: Радио и связь, 1989 стр. 61 – 62). По заданным параметрам подходит КТ815А ($I_{кмакс} = 1,5$ Ампер; $U_{кэ} = 40$ Вольт).

Расчёт тока базы, для обеспечения нужного тока коллектора.

В нашей схеме ток коллектора должен быть 0,18 Ампер. Ток коллектора связан с током базы соотношением:

$$I_k = I_b \cdot h_{21э},$$

где $h_{21э}$ – статический коэффициент передачи тока.

При отсутствии дополнительных данных можно взять табличное гарантированное минимальное значение – для КТ815А это 40. Но для КТ815 есть график зависимости $h_{21э}$ от тока эмиттера (рис. 2). В нашем случае ток эмиттера 180 мА, этому значению соответствует $h_{21э} = 60$. Разница невелика, но возьмем графические данные:

$$I_b = 180/60 = 3\text{ мА}$$

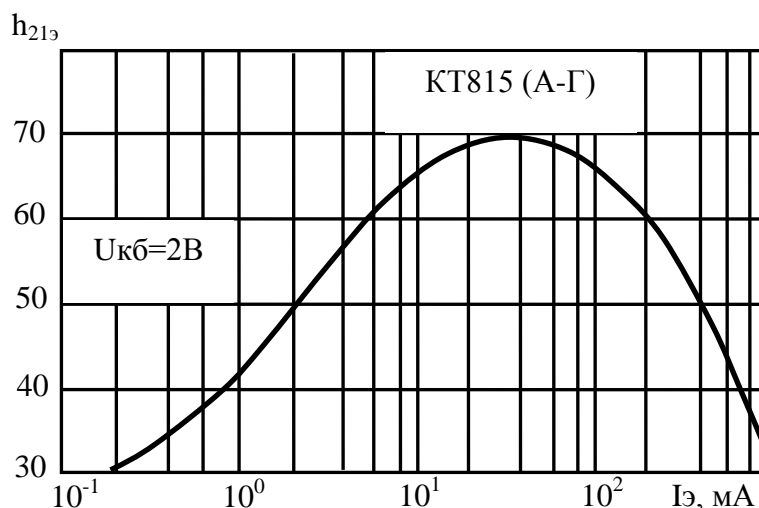


Рис. 2. Зависимость статического коэффициента передачи тока от тока эмиттера.

Для расчета величины базового резистора R_1 рассмотрим второй график (рис. 3), где приведена зависимость напряжения насыщения база-эмиттер ($U_{бэнас}$) от тока коллектора. При отсутствии такого графика можно использовать допущение, что ВАХ перехода база-эмиттер подобна ВАХ диода и в диапазоне рабочих токов напряжение база-эмиттер находится в пределах 0,6 – 0,8 Вольт. По графику (рис. 3) при токе коллектора 180 мА напряжение насыщения базы будет 0,78 Вольт (верхняя кривая)

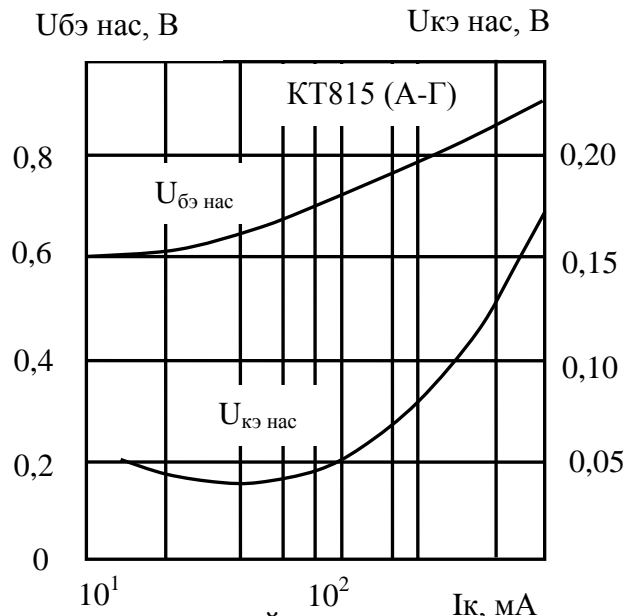


Рис. 3. Зависимости напряжений насыщения коллектор–эмиттер и база–эмиттер от тока коллектора

Следовательно, сопротивление резистора R1 должно быть равно:

$$R1 = (U_{вх} - U_{бэ\text{ нас}}) / I_{б} = (5 - 0,78) / 0,003 = 1407 \text{ Ом} = 1,407 \text{ кОм}.$$

Из стандартного ряда сопротивлений выбираем ближайшее в меньшую сторону (1,3 кОм). Для повышения помехоустойчивости или для более быстрого выключения транзистора вводится шунтирующий резистор R2. Если к базе подключен такой резистор, то нужно учесть, что часть входного тока ответвится в этот резистор, и тогда формула примет вид:

$$R1 = (U_{вх} - U_{бэ\text{ нас}}) / (I_{б} + I_{R2}) = (U_{вх} - U_{бэ\text{ нас}}) / (I_{б} + U_{бэ\text{ нас}} / R2)$$

Так, если R2=1 кОм, то

$$R1 = (5 - 0,78) / (0,003 + 0,78 / 1000) = 1116 \text{ Ом} = 1,1 \text{ кОм}$$

Рассчитываем потери мощности на транзисторе:

$$P = I_{к} \cdot U_{кэ\text{ нас}},$$

где $U_{кэ\text{ нас}}$ – напряжение насыщения коллектор-эмиттер. Эту величину рассчитываем по второму графику (Рис. 3 – нижняя кривая). При токе коллектора ($I_{к}$) 180mA это напряжение составляет 0,07 Вольт. Тогда мощность, рассеиваемая на транзисторе:

$$P = 0,18 \cdot 0,07 = 0,013 \text{ Вт}$$

Мощность маленькая, поэтому радиатор не требуется.

По материалам <http://trzzrus.ru/calc/trzbr.htm>